BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

LE

CYLINDROGRAPHE,

APPAREIL PANORAMIQUE,

PAR

P. MOËSSARD,

Commandant du génie breveté, attaché au service géographique de l'Armée.

SECONDE PARTIE.

LE CYLINDROGRAPHE TOPOGRAPHIQUE.

APPLICATION NOUVELLE DE LA PHOTOGRAPHIE AUX LEVÉS TOPOGRAPHIQUES.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES,

ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,

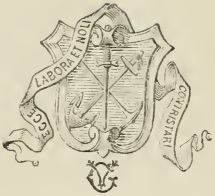
55, Quai des Grands-Augustins.

1889

LE

CYLINDROGRAPHE.

SECONDE PARTIE.


EGGE
LABORA ET NOLI
CONTRISTARI

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE.

LE

CYLINDROGRAPHE,

APPAREIL PANORAMIQUE,

PAR

P. MOESSARD,

Commandant du génie breveté, attaché au service géographique de l'Armée.

SECONDE PARTIE.

LE CYLINDROGRAPHE TOPOGRAPHIQUE.

APPLICATION NOUVELLE DE LA PHOTOGRAPHIE AUX LEVÉS TOPOGRAPHIQUES.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES,

ÉDITEURS DE LA BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE,

55, Quai des Grands-Augustins.

1889

(Tous droits réservés.)

LE

CYLINDROGRAPHE

TOPOGRAPHIQUE.

Rappel de la pratique des levés topographiques.

Tout levé topographique comporte :

1° Un *canevas*, c'est-à-dire la détermination complète en projection et en altitude d'un certain nombre de points choisis du terrain ;

2° Des *détails*, c'est-à-dire le remplissage du canevas, par le dessin, en leur place et à l'échelle, des objets de planimétrie : *routes, chemins, lisières, maisons, cultures*, etc., et des formes élémentaires du terrain : *creux, bosses, croupes, vallées, mamelons, cols*, etc., figurées par des courbes de niveau ou par des hachures.

Occupons-nous d'abord du canevas.

CHAPITRE I.

Canevas topographique.

Le canevas se fait de proche en proche, la position de chaque point étant relevée par rapport à celle de deux points connus ; au départ, on mesure directement la distance des deux premiers points : cette distance est la *base* du levé. Tout revient donc à déterminer un point.

Détermination d'un point (*fig.* 1). — De S et de S′ connus on vise M, point inconnu, on *déter-*

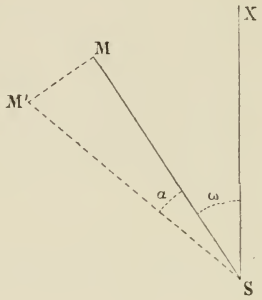
Fig. 1.

mine les visées SM et S′M, c'est-à-dire les droites joignant, dans l'espace, les points S et S′ au point M, situé à l'intersection de ces visées.

Détermination d'une visée (*fig.* 2). — Les *éléments* de la visée SM qui fixent la position de cette droite dans l'espace sont :

1° L'*azimut,* ou l'angle ω que le plan vertical de la visée fait avec un plan vertical fixe SX;

Fig. 2.



2° L'*angle de pente* α de la visée avec l'horizontale, angle égal à MSM', si l'on suppose la visée rabattue en SM', MM' étant égal à la différence de niveau de S et de M réduite à l'échelle du dessin.

Ce sont ces deux éléments, *azimut* et *angle de pente,* que donne tout instrument de topographie mis en station en S : *planchette* et *alidade nivelatrice, boussole* et *éclimètre, théodolite,* etc.

Connaissant l'*azimut*, on peut tracer les direc-

tions SM et S'M (*fig.* 1), dont l'intersection donne la projection de M; on en déduit la distance SM et la différence de niveau de S et de M, qui est égale à SM multiplié par la *pente* de la visée, tang α.

Emploi et avantages de la Photographie.

Ces éléments, *azimut* et *pente,* on peut aussi les demander à toute vue perspective régulière du terrain, prise de ce même point S, à l'aide de la chambre claire, de la chambre noire, ou par les procédés photographiques.

L'emploi de la Photographie présente de nombreux avantages : il a pour résultat principal de réduire considérablement les calculs, les lectures d'instruments et les tracés compliqués, toutes opérations qui, faites sur le terrain, constituent un travail fatigant, enfiévré, forcément incomplet, et souvent rendu impossible par les circonstances météorologiques locales.

Avec la Photographie, tout le travail extérieur se borne à des opérations simples et presque mécaniques : mise en station et calage de l'appareil, et exposition des surfaces sensibles. On obtient ainsi une reproduction, un décalque exact du terrain,

décalque que l'on transporte dans son cabinet et que l'on étudie alors sous toutes ses faces, à loisir et sans autre préoccupation que celle du but à atteindre, sans être gêné par le vent ou par la pluie, sans être pressé par l'heure, sans risquer de se tromper puisque l'on peut revenir sur ses mesures et les recommencer autant de fois qu'il est nécessaire, sans craindre enfin de rien oublier puisqu'on a sous les yeux tout ce que l'on pouvait apercevoir de la station.

En second lieu, la présence de ces photographies facilite beaucoup, comme nous le verrons plus loin, la mise en place des détails.

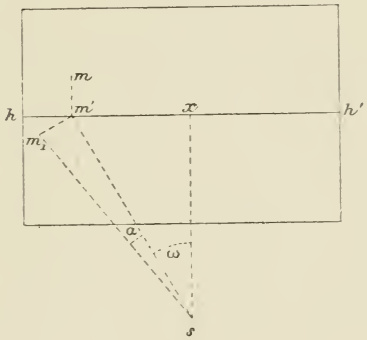
De plus, ces vues variées, après leur utilisation topographique, accompagnent et complètent le plus heureusement du monde la Carte qu'elles ont servi à construire; elles lui donnent la vie, la couleur, le charme pittoresque spécial au pays représenté, et corrigent ainsi ce qu'elle a de froid et de strictement mathématique.

Voyons donc ce que donne la Photographie au point de vue du levé. Prenons d'abord le procédé que tout le monde connaît, la chambre noire ordinaire, où l'image est reçue sur une surface plane.

1° Photographie plane.

Soit un cliché (*fig.* 3) : hh' est la ligne d'horizon s le rabattement du point de vue ; sx, perpendiculaire au tableau, la direction origine ; m l'image du

Fig. 3.



point visé. On voit tout de suite les éléments ω et α de la visée sm, qui résultent d'une construction simple ; la mesure graphique de ces angles au rapporteur manquant de précision, on aura intérêt à mesurer des longueurs, qu'on obtient plus aisément, et à déduire ω de la mesure de $m'x$:

$$\operatorname{tang}\omega = \frac{m'x}{sx},$$

et α de celles de $m_1 m'$ et de $m's$:

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{m'm_1}{m's} \quad \text{ou} \quad \frac{mm'}{m's}.$$

D'où trois mesures de longueurs et deux calculs pour chaque visée, qui se trouvera alors déterminée par les tangentes de ses éléments; remarquons en passant que tang α, ainsi obtenu, est la *pente* de la visée.

Inconvénients que présente la photographie plane. — En théorie, on le voit, rien de plus simple. Mais, si nous passons à la pratique, nous allons nous trouver en présence de nombreuses difficultés.

1° Ces constructions et ces mesures n'auront d'exactitude que sur le cliché, par suite des déformations des épreuves positives, et il est bien difficile de manier l'équerre, le crayon et le compas sur une glace, en dehors de laquelle, du reste, tombera toujours le point s. On pourra, il est vrai, se passer de ce point, en construisant sur son cliché un double système d'échelles : l'une sur hh', dont les divisions seront proportionnelles aux tangentes trigonométriques de ω, donnera les *azimuts;* l'autre, formée d'un système d'hyperboles ayant pour axe hh' et sx prolongé, donnera les *pentes*. Mais ces con-

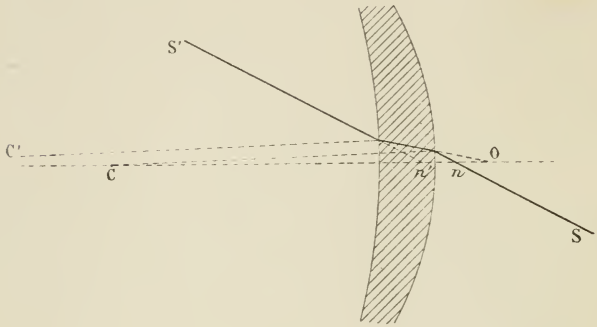
structions, dans le détail desquelles nous n'avons pas à entrer, sont délicates même sur le papier; à plus forte raison sont-elles presque impossibles sur le verre.

2° Il est indispensable de connaître très exactement la distance sx du point de vue au tableau. Cette distance peut être considérée comme constante, à condition que la chambre soit à mise au point automatique et invariable.

Ce point s n'est pas, comme on le dit trop souvent, le centre *optique* de l'objectif, à moins que l'on ne suppose les lentilles sans épaisseur. Ce n'est pas le cas, tant s'en faut, en Photographie : la théorie des lentilles épaisses de Gauss nous montre qu'en réalité le rôle attribué au centre optique se partage entre deux points très importants, situés sur l'axe principal, n et n' (*fig.* 4), dits *points nodaux,* qui sont tels que tout rayon *incident* $S'n'$, passant réellement ou virtuellement par le point *nodal d'incidence* n', donne naissance à un rayon *émergent* nS, parallèle et passant de même par le point nodal d'émergence n. Ces deux points sont invariables tant que l'incidence des rayons n'est pas trop grande. Le point n est bien réellement le point de vue de la perspective que forme l'épreuve

photographique et c'est la distance de ce point à la plaque sensible qui doit figurer comme *distance focale* dans la construction géométrique de

Fig. 4.



la *fig.* 3, en *sx*. Cette *distance focale,* on ne la connaît généralement pas, et sa détermination exige l'emploi d'un appareil que nous avons fait construire pour l'étude complète des objectifs photographiques (voir *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1886, p. 122, et 1889 et *L'étude expérimentale complète des lentilles et spécialement des objectifs photographiques,* chez Gauthier-Villars et Fils).

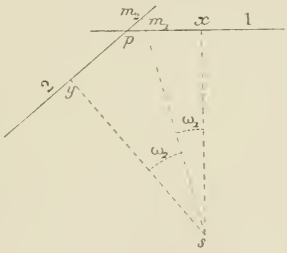
Ce que les fabricants d'objectifs appellent *distance focale principale* n'est jamais celle dont

nous venons de donner la définition, la seule qui soit constante et qui doive entrer dans les formules.

3° Il faut encore connaître exactement hh', trace du plan horizontal passant par le point nodal n. La détermination de cette ligne est délicate et fort difficile quand le point n est inconnu.

4° Supposons qu'en chaque station on fasse un tour d'horizon complet.

Fig. 5.

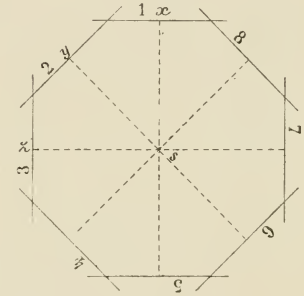


Pour savoir combien d'opérations ce tour d'horizon exige, il ne suffit pas de se demander quelle surface *couvre* l'objectif employé, mais combien il *couvre sans distorsion*.

Soient deux clichés contigus 1 et 2 (*fig.* 5). Pour mesurer l'azimut de y par rapport à x, c'est-à-dire l'angle xsy, on prend sur chaque cliché l'image d'un même objet m_1 et m_2, et l'angle

cherché est égal à la somme $\omega_1 + \omega_2$ mesurés respectivement sur 1 et sur 2. Remarquons en passant que l'image m_2 sera plus grande que m_1, les deux images n'étant égales que pour la verticale qui se projette en p; d'où il résulte que le raccord exact de deux épreuves contiguës ne se pourra faire que sur cette verticale commune. Si l'on passe

Fig. 6.



de 2 à 3 (*fig.* 6), on aura de même l'angle ysz, et ainsi de suite, et la somme de tous les angles analogues, formés autour de s, devra être égale à quatre angles droits; s'il y a distorsion en dedans, les angles ω_1, ω_2, ... seront moindres qu'en réalité et leur somme sera inférieure à quatre angles droits; elle sera supérieure si la distorsion est en dehors. La correction de cette erreur amènerait de nouvelles

complications dans les mesures d'angles. Il vaut mieux tâcher de ne pas avoir de distorsion. Or les objectifs les plus perfectionnés ne sont complètement exempts de distorsion que dans des limites d'amplitude assez étroites, 40° à 50° peut-être. Il faudra donc, pour avoir le tour d'horizon topographique complet, 10 à 12 vues environ, ce qui représente à chaque station un travail considérable.

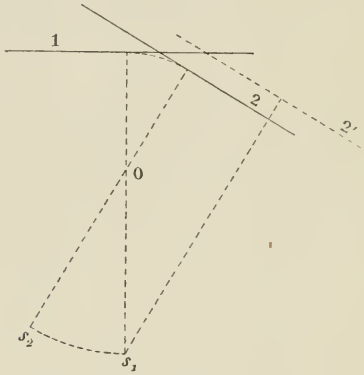
Théoriquement, on ferait disparaître cet inconvénient et l'on pourrait réduire le nombre de vues à prendre par l'emploi du procédé préconisé par le capitaine Colson, la chambre noire sans objectif. Mais on n'aura alors ni assez de lumière, ni assez de netteté, pour faire des mesures précises, surtout dans les arrière-plans et sur les bords.

Nous verrons plus loin qu'on a bien rarement l'occasion de faire à une station un tour d'horizon complet; le nombre de clichés à produire se trouve donc réduit; en revanche, on n'est plus à même de vérifier si la somme des angles tels que ω_1, ω_2, ... (*fig.* 5) vaut bien quatre angles droits; ce moyen de contrôle vous échappe et l'on travaille dans l'inconnu.

5° Pour réaliser la *fig.* 6, il faut que le point

de vue s (point nodal d'émergence) soit le même pour toutes les perspectives. Si cette condition n'est pas satisfaite, si, pour passer d'une vue à une autre, l'appareil tourne autour d'un autre point O (*fig.* 7), la perspective 2′ qu'on devrait

Fig. 7.



avoir et la perspective 2 qu'on a de fait ne se ressemblent pas absolument. Ce sont comme deux vues stéréoscopiques prises des points s_1 et s_2; les alignements ne sont plus les mêmes, et les déplacements des points sont d'autant plus sensibles que ces points sont plus rapprochés de l'observateur; il en résulte que les parties communes à 1 et à 2 ne se ressemblent pas, non seu-

lement comme dimension, comme il a été dit plus haut, mais même comme disposition, et que les premiers plans, les plus visibles, sont aussi les plus différents. Il y a là une nouvelle difficulté pour le raccord, une nouvelle source de corrections peu commodes.

Toutes les causes d'erreurs que nous venons d'énumérer sembleront peut-être de peu d'importance; mais il faut bien se dire que la Photographie ne peut lutter avec les instruments de topographie usuels qu'à condition de donner une précision au moins égale, sinon supérieure. Or, ces instruments donnent couramment les angles à $\frac{1}{10}$ de grade près. Sur une photographie de 15^{cm} de foyer, $\frac{1}{10}$ de grade correspond à une longueur moyenne d'environ $\frac{1}{4}$ de millimètre. On voit donc qu'on ne saurait prendre trop de précautions dans la mesure de ces longueurs dont dépend la bonne exécution du levé.

En résumé donc, quand on emploie la Photographie plane :

1° La mesure de chaque azimut, de chaque pente exige une construction particulière, deux mesures de longueurs et un calcul, construction et mesures d'une exécution peu commode.

2° La définition géométrique de la perspective, point de départ de l'opération, n'est pas toujours complète et exige alors une série d'observations délicates, absolument distinctes du levé.

3° Et c'est là le plus grave inconvénient, il faut beaucoup de clichés, et le raccord exact de deux clichés contigus est presque impossible, d'où il résulte que la mesure des azimuts, qui repose absolument sur ce raccord, ne présente qu'une précision très relative.

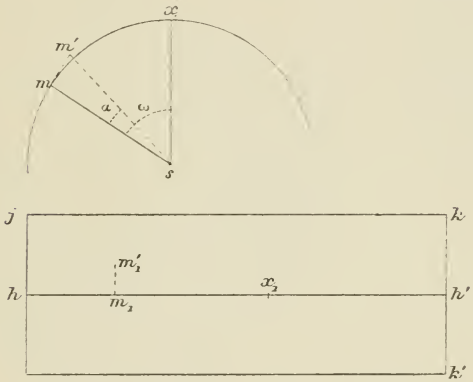
Ces divers inconvénients des photographies planes ont déterminé bien des inventeurs à chercher ailleurs la solution du problème. Je rappellerai seulement la *planchette Chevalier,* compliquée, à deux mouvements combinés, qui ne fournissait que des images confuses, et le *périgraphe instantané du colonel Mangin,* beaucoup plus ingénieux, se composant simplement d'une lentille torique spéciale à axe vertical, recueillant les rayons lumineux venus de tous les points de l'horizon et les renvoyant former leur image sur un plan horizontal. Ces deux appareils donnent le tour d'horizon en un seul cliché, mais le panorama est déformé par anamorphose, par conséquent difficile à reconstituer, ne ressemblant pas à la

nature, et n'offrant d'intérêt qu'au point de vue des mesures topographiques.

2° Photographie cylindrique.

Supposons que la perspective soit prise sur un cylindre de révolution, dont l'axe passe par le

Fig. 8.



point de vue s (*fig.* 8), les *éléments* ω et α d'une visée quelconque SM s'obtiennent avec grande facilité; l'*azimut* ω est proportionnel à l'arc sous-tendu xm, qui dans le développement du cylindre sur un plan devient la longueur $x_1 m_1$; et

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{mm'}{ms} = \frac{m_1 m'_1}{ms}.$$

ms est constant, c'est le rayon; donc tangα, ou la *pente* de la visée, est proportionnel à *mm'* ou à $m_1 m'_1$, distance de l'image du point à l'horizontale *hh'*.

On n'a donc sur le cliché développé qu'à tracer deux échelles à *divisions égales,* l'une suivant *jk*, pour les *azimuts;* l'autre suivant une perpendiculaire *kk'* pour les *pentes*.

La question se trouve donc déjà fort simplifiée, puisque la recherche d'un azimut ou d'une pente n'exige, sans aucun calcul, qu'une simple mesure de longueur sur une échelle régulière.

Au courant de la description de l'appareil qui donne cette perspective cylindrique, nous trouverons bien d'autres avantages offerts par cette méthode sur la précédente.

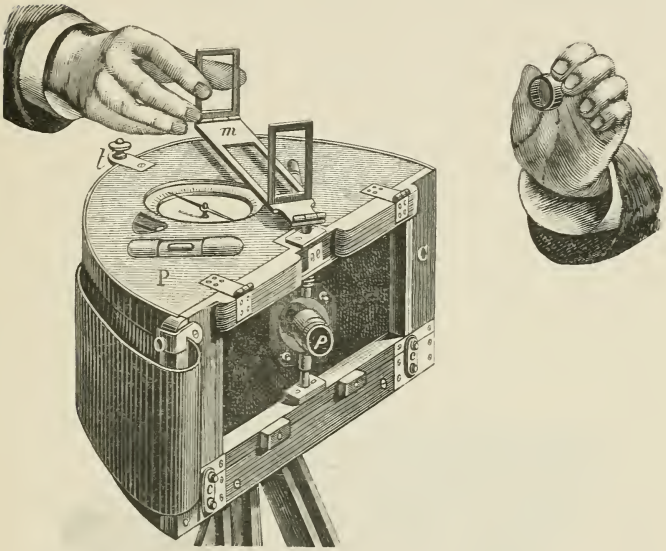
Cylindrographe topographique.

Le *cylindrographe topographique*, de construction plus soignée que l'appareil ordinaire, est en outre muni de dispositifs spéciaux, destinés aux usages topographiques :

1° Les trois branches du pied ne présentent qu'une brisure, pour augmenter la stabilité; deux

de ces branches portent, à la brisure même, une *crémaillère*, un *pignon* et une *vis de pression*, permettant d'en faire varier légèrement la longueur sans rien déranger et, par conséquent, d'amener

Fig. 9.

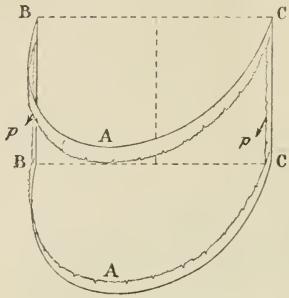


aisément la chambre à l'horizontale, conformément aux indications de deux *niveaux à bulle d'air*, encastrés à angle droit sur le couvercle (*fig.* 9 et 12).

2° Les échelles d'azimuts et de pentes dont il vient d'être question s'impriment d'elles-mêmes

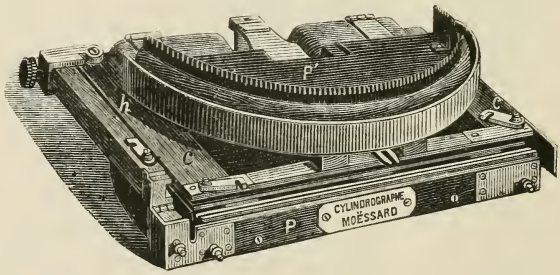
sur le cliché. A cet effet, deux demi-cercles BAC ayant leur centre sur l'axe de rotation sont placés

Fig. 10.



de champ sur le plafond et sur le plancher de la chambre (*fig.* 10); leur bord libre porte des dents

Fig. 11.

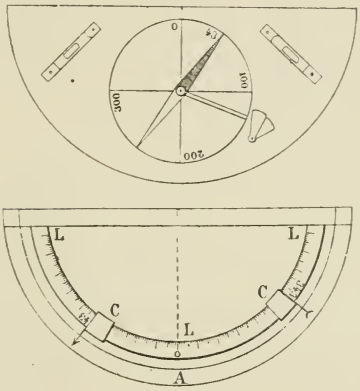


triangulaires, dont l'écartement correspond au *grade*. Deux autres lames rectilignes verticales,

BB, CC, fixées aux montants du cadre, portent de même des crans dont l'écartement est égal à la centième partie de la distance des lames à l'axe. Deux pointes plus longues *p*, mobiles le long de ces lames, donnent la ligne d'horizon.

L'un des demi-cercles azimutaux est visible sur

Fig. 12.



la *fig.* 11, qui représente l'appareil replié pour le transport.

3° Une *boussole topographique,* fixée à demeure sur le plafond (*fig.* 9 et 12), permet d'orienter sur le méridien magnétique chaque cliché formé par la chambre. A cet effet, le plancher de la chambre est muni à l'intérieur d'un troisième demi-limbe

LL (*fig.* 12), posé à plat et centré également sur l'axe de rotation; ce limbe est divisé en grades et ses graduations correspondent à celles du demi-cercle antérieur de la boussole. Deux *curseurs* C, C, mobiles sur ce limbe, portent chacun un index, l'un en flèche, l'autre en croissant.

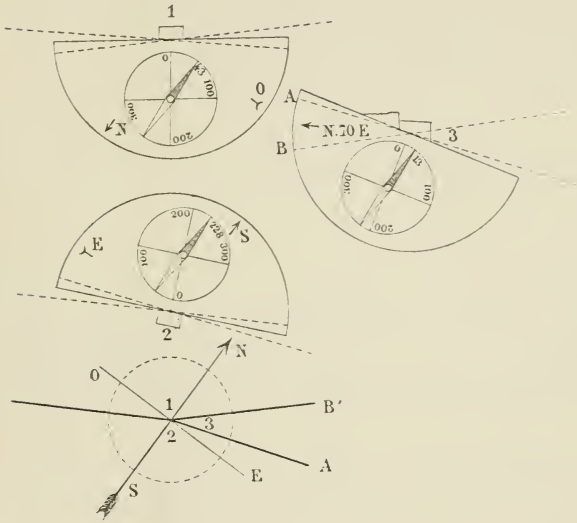
La silhouette des crans de BAC, de BB et de CC, des pointes *p* et des index flèche et croissant, vient se peindre sur le cliché au moment de la pose.

Mode d'emploi.

Pour se servir de l'appareil, on le fixe sur son pied, on l'ouvre, on le cale et on l'oriente, d'après la vue que l'on veut prendre; la pointe bleue de l'aiguille de la boussole marque alors une certaine graduation, 43^{Gr} par exemple (*fig.* 13, pose 1). On place les curseurs intérieurs en face des deux divisions égales à cette graduation ou n'en différant que par le chiffre des centaines, 43^{Gr} et 343^{Gr} dans l'exemple; 43^{Gr} (la flèche) donne le *nord* et 343^{Gr} (le croissant) donne l'*ouest magnétique*. Puis, on introduit le châssis comme d'ordinaire et, après ouverture du rideau de pose, on replace la chambre en position telle, que la pointe bleue marque exactement 43^{Gr}.

On découvre l'objectif et on met l'alidade en marche à la main, d'un mouvement uniforme et assez rapide, allant d'un bout à l'autre de sa course, et revenant sur ses pas, sans s'arrêter, autant de fois

Fig. 13.



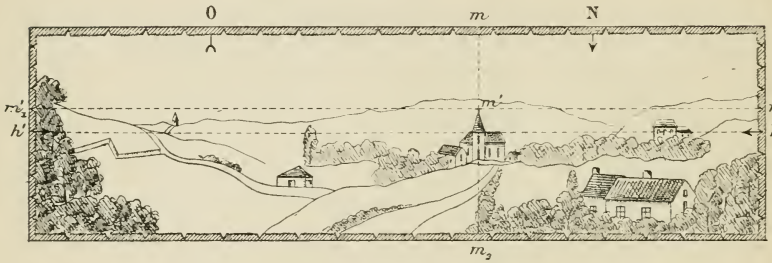
qu'il est nécessaire pour le temps de pose que l'on veut avoir, insistant même s'il le faut sur les parties sombres du paysage. Puis on ferme l'objectif.

Dans la seconde pose (reportée en 2, *fig.* 13), du même tour d'horizon, l'aiguille devra marquer

$43^{Gr} + 185^{Gr} = 228^{Gr}$, 185^{Gr} représentant le développement d'un cliché; la flèche à 228^{Gr} indiquera le *sud,* le croissant à 128^{Gr} donnera l'*est*.

Dans la troisième pose (3) l'aiguille sera à $228^{Gr} + 185^{Gr} = 413^{Gr}$ ou 13^{Gr}; mais ici l'on n'aura à ouvrir le châssis que de 30^{Gr} de A en B, et la course de l'alidade sera comprise dans les mêmes limites; quant aux curseurs, pour en avoir un sur ce cliché

Fig. 14.



complémentaire, on placera la flèche à 83^{Gr}, par exemple, faisant un angle de 70^{Gr} avec le nord, vers l'est.

On inscrit sur son carnet les significations diverses des curseurs pour chaque vue.

La photographie fournie par une de ces opérations, par l'opération (1) par exemple, se présente sous l'aspect ci-dessus (*fig.* 14).

Les azimuts topographiques se comptant, comme on sait, de 0^{Gr} à 400^{Gr}, en partant du nord et marchant vers l'ouest, l'azimut d'un point dont l'image est en m' est mesuré sur l'échelle longue en Nm, soit 31^{Gr}. La pente de la visée est comptée en hm_1, sur l'échelle courte, en centièmes du rayon; si m_1h est égal à 11 divisions, la pente sera de $\frac{11}{100}$.

Il est facile de voir que tous les inconvénients signalés plus haut à l'emploi de la photographie plane n'existent plus avec le cylindrographe.

1° Les *constructions* et *mesures* peuvent se faire indistinctement sur le cliché, ou sur toute épreuve positive, puisque toutes portent les échelles, dont les variations de dimensions sont les mêmes que les variations de l'image même. Il est prudent seulement de faire la mesure, comme il est indiqué (*fig.* 14), en haut et en bas, à droite et à gauche, et de prendre la moyenne dans le cas où les lectures seraient différentes.

On n'a pas à rabattre le point de vue sur la photographie : la seule construction à faire consiste à joindre hh'; pour éviter les déformations ultérieures, on fait bien de mener cette droite au crayon sur le cliché même, aussitôt que les points h et h' apparaissent au développement, pour éviter

les déformations consécutives aux lavages et aux séchages.

2° On n'a pas à se préoccuper de la *distance du point de vue au tableau,* puisque, en vertu de son principe même, le cylindrographe ne fonctionne que lorsque le point nodal d'émergence est sur l'axe de rotation; après réglage, la distance focale est justement égale au rayon du cylindre.

3° On n'a pas de *distorsion* à craindre; car, en vertu même du principe sur lequel repose l'emploi de l'appareil, s'il y avait distorsion, les images manqueraient de netteté.

Dans le sens vertical, le champ n'étant pas limité de même, il peut y avoir de la distorsion pour les points extrêmes, mais cela est de peu d'importance; car ces points sont, en haut, le ciel, en bas, des points très rapprochés de la station pour lesquels une petite erreur dans la mesure de la pente de la visée est négligeable.

4° L'*excentricité* des poses 1, 2 et 3 n'a plus d'inconvénient, chacune d'elles étant orientée pour son compte propre sur les points cardinaux magnétiques; on n'a pas de raccords à chercher, pas d'erreur à craindre.

5° Le *nombre de clichés* à exécuter se trouve

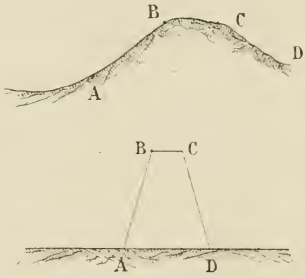
considérablement réduit; un tour d'horizon tient tout entier sur deux clichés et $\frac{1}{8}$ environ, de sorte que 8 tours d'horizon complets n'exigent que 17 clichés, 16 d'une seule venue et le 17e formé de tous les compléments analogues à AB (*fig.* 13). En Photographie plane, ces 8 tours d'horizon demanderaient 96 glaces. Ajoutons que nos clichés pelliculaires sont plus légers, moins fragiles, moins encombrants, beaucoup plus commodes à conserver, à emballer et à transporter que les glaces, même de surface bien moindre.

6° Deux clichés contigus, pris du même point de vue, sont identiques dans leur partie commune; le *raccord* se fait donc de lui-même. Du reste, ce raccord non plus que l'excentricité de l'appareil importent peu, puisque chaque cliché est orienté pour son propre compte.

Pour la même raison, rien n'oblige à faire à chaque station un tour d'horizon complet : on se contente de prendre le secteur dont on a besoin, comme on a fait pour AB (*fig.* 13). Il est rare en effet que, d'un point du terrain, quel qu'il soit, on puisse prendre utilement un panorama entier : il y aura presque toujours à proximité quelque obstacle, maison, arbre, bosquet, mur, mouve-

ment de terrain, qui masquera un espace parfois considérable; plus on s'élève, plus cet effet s'accentue, et, d'un point élevé, le panorama, très étendu en profondeur, comporte rarement en largeur plus d'un demi-tour d'horizon. Ce résultat, d'apparence paradoxale, s'explique aisément si l'on réfléchit que le mouvement de terrain, que

Fig. 15.



le monument, au sommet duquel on veut s'établir, se présente en profil sous la forme ABCD (*fig.* 15). Pour découvrir le pied A de la pente, ou tout au moins des points aussi rapprochés que possible de ce point A, on est forcé de stationner en B, à l'extrême bord de la plate-forme supérieure, dont la portion BC cachera une étendue de terrain assez notable pour qu'en général tout

l'horizon visible en B tienne sur un seul cliché cylindrographique. C'est, du reste, un résultat constant de notre expérience personnelle.

Vérification et réglage de l'appareil.

Régler l'appareil, c'est fixer la position des *niveaux à bulle d'air* et des *pointes p* qui doivent marquer les extrémités de la ligne d'horizon.

Pour *caler les niveaux,* on monte l'appareil sur un sol bien ferme, et, en agissant sur les crémaillères du pied, on amène les génératrices du cylindre à être verticales, ce dont on s'assure à l'aide d'un fil à plomb que l'on promène sur le contour circulaire du plafond et qui doit toujours affleurer de même le contour circulaire du plancher. En agissant sur les vis des niveaux, on amène alors exactement les bulles entre leurs repères.

Pour achever le *réglage* et en même temps *vérifier* l'instrument dans tous ses détails, le mieux est de procéder par comparaison avec un instrument de topographie bien construit et dont on est sûr.

Voici comment on procède : en un point bien déterminé et à une hauteur bien exactement mesurée

au-dessus du sol, on stationne avec un théodolite, un tachéomètre, une boussole éclimètre, ou tel autre instrument analogue, et l'on fait un tour d'horizon serré et soigné, dont on enregistre les résultats en azimuts magnétiques et en pentes ou angles de pente.

Quand ensuite on aura un cylindrographe à essayer, on le placera au même endroit, le point nodal de l'objectif à la place même qu'occupait le centre du limbe de l'instrument pris comme type; on amènera par les crémaillères du pied les bulles des niveaux entre leurs repères, et l'on tirera une ou plusieurs épreuves comme il a été dit plus haut.

On étudie ensuite ces épreuves. Les index, flèche et croissant, qui marquent deux points cardinaux voisins, doivent être séparés par 100 crans sur les échelles longues. On mesure ensuite azimuts et pentes des points visés dans le tour d'horizon modèle. Si les résultats concordent exactement, l'appareil est bien construit et bien réglé.

Dans le cas contraire, on recherchera la cause des différences entre ces chiffres, et on la corrigera ou l'on indiquera au fabricant le moyen de la faire disparaître.

Ainsi observe-t-on une différence constante

entre la valeur des pentes des mêmes points mesurée sur les deux tours d'horizon, c'est que la position des pointes p n'est pas correcte et qu'il faut les remonter ou les abaisser d'une quantité égale à cette différence constante ; si on le préfère, on se contentera, au lieu de mener la ligne d'horizon par les pointes p, de la hausser ou de la descendre de cette même quantité sur chaque épreuve.

Si les deux échelles de pente, si les deux échelles d'azimuts ne sont pas égales sur le cliché, c'est qu'elles ne sont pas dans la chambre à la même distance de l'axe. D'où résulte une correction à faire sur la chambre elle-même ou sur les épreuves qu'elle fournit.

Et de même, pour toutes les anomalies relevées, on rectifiera la chambre ou l'on introduira les éléments de correction nécessaires dans les calculs, jusqu'à ce que les chiffres, fournis par une dernière épreuve obtenue comme les précédentes, et corrigés d'après ces règles, soient en concordance absolue avec les types.

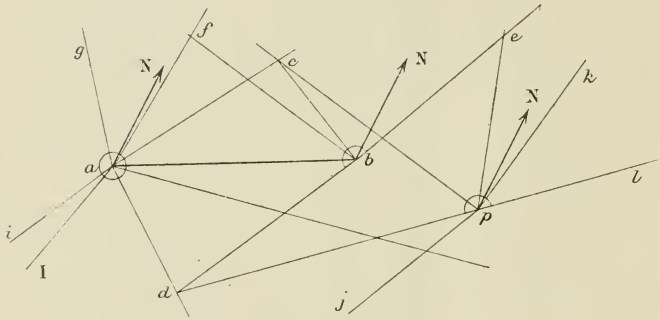
Le plus souvent, on pourra du reste se dispenser de tirer épreuve à chaque retouche nouvelle ; on se bornera à observer et à mesurer sur l'écran en verre dépoli, jusqu'à ce qu'on se croie arrivé au

résultat : c'est alors seulement qu'on tirera un cliché définitif, qui lèvera les derniers doutes.

Exécution du canevas.

Soit AB la base (*fig.* 16), dont on connaît la longueur reportée à l'échelle en *ab* sur la minute.

Fig. 16.



Cette longueur a été mesurée directement sur le terrain où elle résulte d'une triangulation antérieure. Les *termes* A et B sont marqués par des jalons.

On stationne en A et l'on photographie tout ou partie du tour d'horizon, en y comprenant le terme B.

On répète la même opération en B et en un certain nombre de points convenablement choisis, de chacun desquels on voit soit les deux jalons A et B, soit deux quelconques des points (*clochers, pignons, arbres*, etc.) qu'on a choisis comme points du canevas.

Tous ces clichés sont développés et fixés; les azimuts des points du canevas sont mesurés comme il a été dit plus haut, et, pour chaque station, on construit, au rapporteur, sur une feuille de papier calque, le rayonnement, autour d'un point, des directions dont on connaît l'azimut. Ces calques sont ensuite mis en place sur la minute, en commençant par celui de la station A, que l'on oriente sur *ab*, et celui de B orienté de même sur *ba*; comme vérification, *a*N et *b*N, les deux méridiens magnétiques, doivent être parallèles. On continue de proche en proche, la position de chaque calque étant déterminée par la direction du méridien magnétique et celle de deux points tels que *c* ou *d*, déjà déterminés par intersection. L'opération marche rapidement et les vérifications sont nombreuses.

Le *calcul des cotes* se fait de même de proche en proche, en partant du point A, dont la cote

est connue. On a

$$\text{cote}\,x = \text{cote}\,\mathrm{A} + \mathrm{A}x \times \text{pente}\ \mathrm{A}x.$$

La *pente* $\mathrm{A}x$ est mesurée directement sur la photographie; $\mathrm{A}x$, la distance horizontale de deux points, est pris sur la minute. Dans cette partie du travail encore, on a un grand nombre de vérifications, grâce auxquelles on est prévenu dès qu'on a commis une erreur.

Toute erreur constatée soit dans le placement des points, soit dans la détermination de leur cote, ne peut provenir que des opérations faites dans le cabinet; on n'est donc jamais forcé de retourner sur le terrain pour la faire disparaître, ou de sacrifier des résultats intéressants mais douteux, comme cela arrive si souvent dans les levés à la planchette ou à la boussole. Il suffit ici de reprendre ses clichés, de bien retrouver ses points, de refaire mesures et calculs, et l'erreur doit forcément disparaître.

CHAPITRE II.

Mise en place des détails.

L'emploi de la Photographie, plane ou cylindrique, n'exempte pas le topographe de l'obligation de tenir sur le terrain un *cahier de croquis,* sur lequel il dessine, en les rapportant aux lignes du canevas par de simples mesures au pas, tous les détails de la planimétrie et du nivellement.

Quand il s'agira de placer ces détails sur la minute du canevas, c'est-à-dire, en fait, de dessiner la carte, les photographies viendront à point pour rafraîchir la mémoire de l'opérateur, rectifier ses jugements et lui montrer la véritable valeur de renseignements recueillis parfois un peu à l'aventure. On devra surtout faire la plus grande attention à conserver les *alignements,* inscrits de façon si nette sur les clichés, c'est-à-dire à placer en ligne droite sur la carte les détails qui, sur le cliché, sont sur une même verticale.

Emploi de la photographie plane.

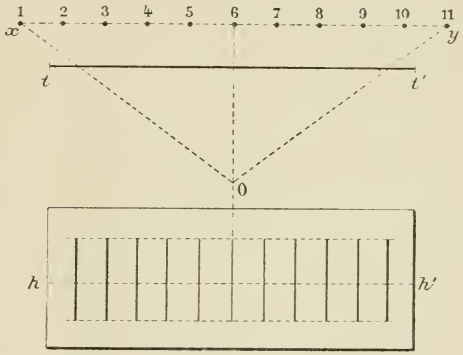
Pour ce travail encore, les renseignements fournis par la perspective plane sont loin de présenter le même caractère de précision que ceux que donne la perspective cylindrique. La première est basée, en effet, sur une hypothèse qui ne se réalise jamais dans la nature (intersection des rayons visuels par un plan vertical); aussi les effets qu'elle produit, effets variables du reste avec la position du tableau, sont-ils souvent choquants et contraires au bon sens. Sans pousser à fond cette proposition, qui pourrait amener de longs développements, nous nous contenterons de citer quelques cas simples, où ce genre de perspective est en complet désaccord avec l'effet réel que la nature produit sur notre œil.

Premier exemple. — Il est incontestable que, dans la nature, les objets nous paraissent d'autant plus petits qu'ils sont plus éloignés de nous : tangente de l'angle de grandeur apparente et distance sont inversement proportionnelles. La loi fondamentale de toute perspective rationnelle devrait

donc être de diminuer les objets à mesure qu'augmente leur éloignement.

Or, prenons, par exemple, un certain nombre de poteaux verticaux, tous d'égale hauteur, également espacés et disposés en ligne droite xy (*fig.* 17). L'observateur en O verra certainement

Fig. 17.

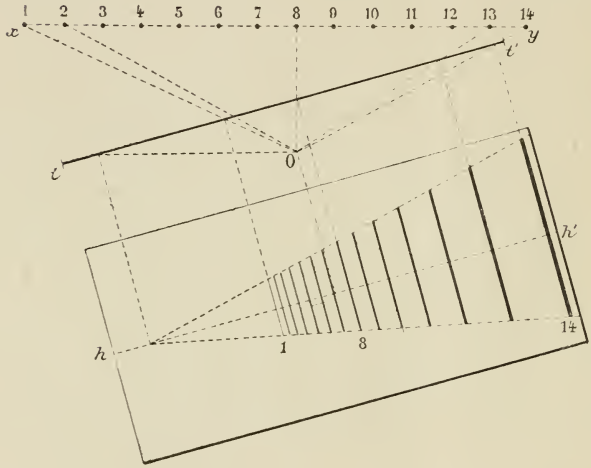


le poteau 6, le plus rapproché de lui, plus gros et plus grand que tous les autres. Faisons la perspective plane sur un plan tt' parallèle à xy; les poteaux sont figurés par des lignes égales et également espacées et paraissent d'autant plus gros qu'ils sont plus éloignés, ce qui est absurde.

Si le plan du tableau est oblique sur xy (*fig.* 18),

c'est encore mieux; les poteaux 9, 10, 11, ... sont figurés à la fois d'autant plus grands et d'autant plus gros qu'ils s'éloignent davantage. Il est hors de doute que l'aspect de ce tableau ne sug-

Fig. 18.

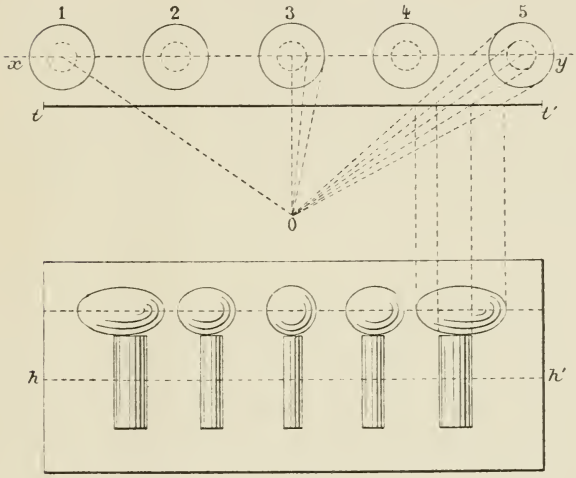


gérera pas la pensée que le poteau 8 est le plus rapproché de l'observateur.

Deuxième exemple. — Soient des poteaux ronds, égaux, équidistants et portant des sphères égales 1, 2, 3, 4, 5 (*fig.* 19). Ces sphères, de quelque façon que nous les regardions dans la

nature, nous offrent toujours l'apparence d'un cercle. Mais, soit tt' le tableau parallèle à xy; seule la sphère 3 donnera un cercle. Les autres sont représentées par des ellipses d'axe vertical

Fig. 19.



constant, mais d'autant plus allongées dans le sens horizontal que la sphère est plus éloignée du point O. Les poteaux augmentent de diamètre avec la distance et les sphères ne sont pas d'aplomb.

Dans un tableau, l'artiste peut tricher et atté-

nuer ce qu'a de choquant l'application stricte des règles de la perspective. Mais la photographie ne triche pas : d'où les effets désagréables et qu'on a peine à s'expliquer produits par certaines épreuves, irréprochables pourtant au point de vue mathématique.

En tous cas, ces dérogations aux lois naturelles deviennent fort gênantes quand on réclame l'aide de la Photographie pour la mise en place des détails, et peuvent entraîner de graves erreurs sur la distance, la grandeur et la forme même des objets à représenter.

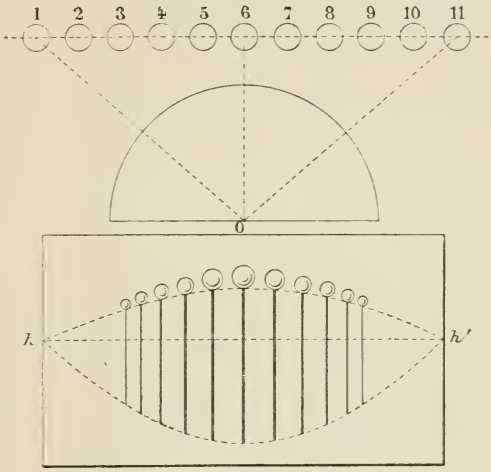
Emploi de la photographie cylindrique.

Sur la photographie cylindrique, l'effet est indépendant du rayon du cylindre ; il est, dans tous les cas, pour un même point de vue, absolument le même. La dimension, l'échelle du dessin, seule, varie proportionnellement au rayon du cylindre perspectif, mais le dessin ne varie pas ; la distance des images, comptée sur l'horizontale du cliché, est toujours proportionnelle à l'écartement angulaire des objets correspondants dans la nature, et la grandeur de ces images est toujours inversement

proportionnelle à la distance des objets à l'observateur.

Reprenons la disposition de la *fig.* 19 (*fig.* 20). Le poteau 6, le plus près de nous, sera le plus grand et le plus gros en perspective; la hauteur et l'écar-

Fig. 20.



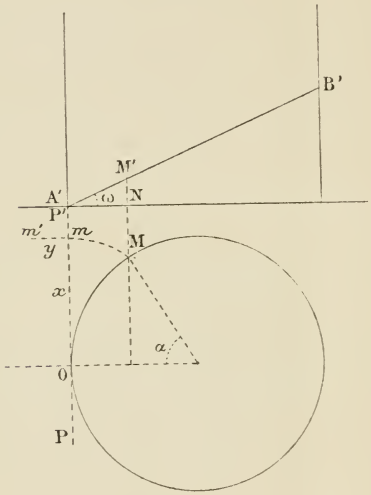
tement apparent des autres diminueront en raison inverse de l'éloignement; les sphères supérieures donneront toutes des cercles (¹) dont le rayon subit

(¹) Ou plus exactement, sur le cylindre développé, des *ovales* très peu allongés dans le sens vertical et se confondant sensiblement avec des cercles.

les mêmes lois. L'étude géométrique d'un cliché est donc des plus aisées, puisqu'elle repose sur de simples proportions dont la raison est facile à déterminer.

A ne considérer que l'*effet pittoresque* de la

Fig. 21.



perspective cylindrique *développée sur un plan*, on ne peut nier que cet effet ne soit parfois bizarre. Dans ces conditions, en effet, toutes les lignes droites de la nature, à l'exception des verticales et de la ligne d'horizon, se transforment en sinus-

oïdes. Considérons en effet une section plane quelconque A′B′ du cylindre de perspective, section qui n'est autre chose que la perspective cylindrique d'une droite quelconque de la nature (*fig.* 21). Je développe le cylindre sur le plan PP′ tangent en O ; un point MM′ de la courbe plane viendra en m', dont les coordonnées rapportées à l'origine O seront

$$Om = x = \text{arc}\,OM = \alpha r,$$

$$mm' = y = M'N = A'N \tang \omega = r(1 - \cos\alpha) \tang \omega;$$

d'où, en éliminant α,

$$y = r \tang \omega \left(1 - \cos \frac{x}{r}\right),$$

équation d'une sinusoïde.

Toutes ces sinusoïdes ont même axe, la ligne d'horizon, et même longueur d'oscillation horizontale, la demi-circonférence du cylindre ; leur amplitude verticale seule varie.

Cette transformation des droites en courbes surprend à première vue, l'éducation de nos yeux n'étant pas faite à cet égard. Il convient, du reste, de faire observer que l'on ne peut espérer une restitution fidèle de la nature qu'à la condition d'enrouler l'épreuve sur un cylindre de rayon égal

au cylindre tableau, et de se placer soi-même sur l'axe de ce cylindre; alors les lignes droites redeviennent droites et tout reprend sa forme et sa place.

Il est encore un autre procédé de restitution plus général, parce qu'il peut s'appliquer aux plus petits rayons. Il consiste à enrouler l'épreuve sur la paroi *extérieure* d'un cylindre quelconque et à la regarder du dehors en faisant tourner le cylindre à la main; on éprouve alors exactement la sensation d'un observateur placé au point de vue, pivotant sur lui-même et voyant très nettement les objets sur lesquels il dirige l'axe de ses yeux, tandis qu'à droite et à gauche de cette direction les détails perdent de leur netteté et lui échappent, comme échappent les parties de la photographie situées sur les convexités fuyantes, de part et d'autre de la bande verticale qui se présente normalement à nos regards.

Conclusion.

La conclusion que nous pouvons tirer de toutes les considérations exposées dans cette Notice, c'est que la photographie cylindrique, telle que la donne

le cylindrographe topographique, se prête merveilleusement à toutes les opérations du levé topographique. D'autre part, cet instrument se recommande par sa légèreté, son petit volume, sa solidité, la simplicité de son principe et de sa construction, la facilité de sa manœuvre et l'intérêt artistique des vues qu'il donne. Le modèle de 15^{cm} de rayon semble le plus pratique pour les voyages et les travaux de campagne; il pèse $2^{kg},5$, son pied 2^{kg}, chaque châssis négatif 250^{gr}; le poids de l'appareil complet avec son pied, son sac, un jeu de dix châssis et les accessoires, ne dépasse pas 8^{kg}. Il donne des clichés de 42^{cm} de longueur sur 12^{cm} de hauteur; le tour d'horizon complet a 90^{cm} environ : 1 grade représente donc sur le cliché une longueur de $\frac{90^{cm}}{400} = \frac{9^{mm}}{4}$ ou $2^{mm},25$; il est donc facile d'exécuter les mesures d'azimut à $\frac{1}{10}$ de grade près. D'autre part, la pente de $\frac{1}{100}$ correspond à la longueur $\frac{15^{cm}}{100}$ ou $1^{mm},5$: on a donc les pentes à $\frac{1}{600}$ près.

Le montage et le calage de l'appareil exigent quatre minutes; chaque pose deux minutes à peine; les trois poses comprenant le tour d'horizon complet, dix minutes; enfin le démontage et l'embal-

lage une minute. Le travail technique à chaque station prend, tout compris, vingt minutes au plus. et la somme des renseignements recueillis est toujours bien supérieure à celle que donnerait un autre appareil, quel qu'il soit, puisqu'ici l'on enregistre et l'on emporte absolument tout ce qui peut être vu de la station.

Reste la question des manipulations photographiques. Mais les procédés de développement ont fait de tels progrès en ces derniers temps qu'on peut affirmer qu'aujourd'hui ils sont à la portée de tout le monde, et praticables en tous lieux.

Du reste, les opérateurs que cette cuisine effraye ou ennuie trouveront partout des photographes de profession qui, pour une rétribution modique, révéleront leurs clichés dans la perfection. Ils peuvent même, et ceci est vrai surtout pour les pellicules, que nous employons exclusivement avec le cylindrographe, expédier sans danger par la poste, d'un bout à l'autre de la terre, au praticien en qui ils ont mis leur confiance, leurs pellicules exposées et non développées.

On se prive bénévolement ainsi des surprises et des satisfactions toujours nouvelles que vous procure la venue lente et suivie d'une épreuve bien

réussie; mais aussi on évite bien des angoisses, bien des accidents et bien des déboires, et, tout amour-propre mis de côté, on a plus de chances d'arriver à une réussite définitive et complète.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

Application de la Photographie aux levés topographiques.

Pages.

RAPPEL DE LA PRATIQUE DES LEVÉS TOPOGRAPHIQUES..... 5

CHAPITRE I.

Canevas topographique.

Détermination d'un point..... 7
Détermination d'une visée..... 8
Emploi et avantages de la Photographie..... 9

PHOTOGRAPHIE PLANE..... 11

Inconvénients que présente la photographie plane.... 12

PHOTOGRAPHIE CYLINDRIQUE..... 21

CYLINDROGRAPHE TOPOGRAPHIQUE..... 22

Mode d'emploi..... 26
Vérification et réglage de l'appareil..... 33
Exécution du canevas..... 36

CHAPITRE II.

Mise en place des détails.

Pages.

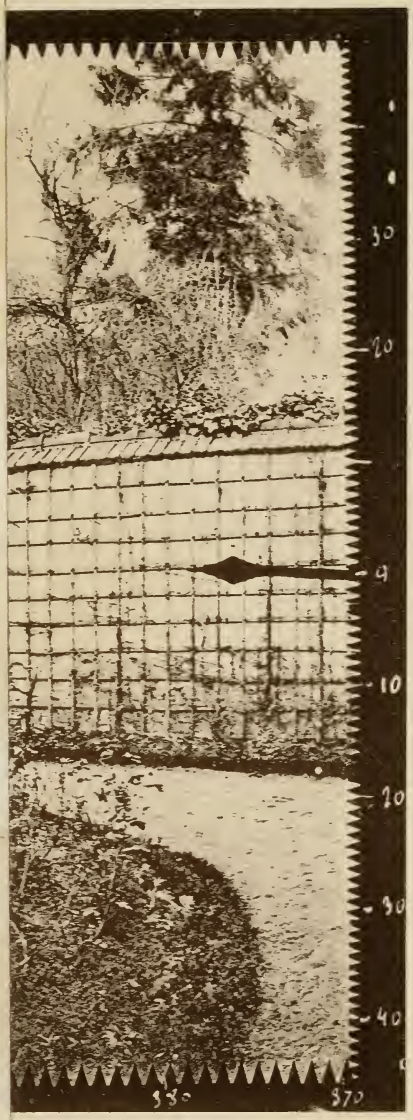
Emploi de la photographie plane..... 40

Emploi de la photographie cylindrique..... 44

CONCLUSION..... 48

PLANCHE.

15181 Impr. GAUTHIER-VILLARS ET FILS, quai des Grands-Augustins, 55


30
20
9
10
20
30
40
330
370